

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-220480

(P2000-220480A)

(43) 公開日 平成12年8月8日(2000.8.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマト <sup>*</sup> (参考)
F 0 2 D 15/00		F 0 2 D 15/00	E 3 G 0 0 5
F 0 2 B 37/013		21/08	3 0 1 A 3 G 0 6 2
F 0 2 D 21/08	3 0 1	41/02	3 0 1 E 3 G 0 8 4
41/02	3 0 1	45/00	3 6 8 A 3 G 0 9 2
45/00	3 6 8	F 0 2 M 25/07	5 5 0 G 3 G 3 0 1

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-19999

(22) 出願日 平成11年1月28日(1999.1.28)

(71) 出願人 000000284

大阪瓦斯株式会社

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

(72) 発明者 藤本 洋

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(72) 発明者 藤若 貴生

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(74) 代理人 100107308

弁理士 北村 修一郎 (外1名)

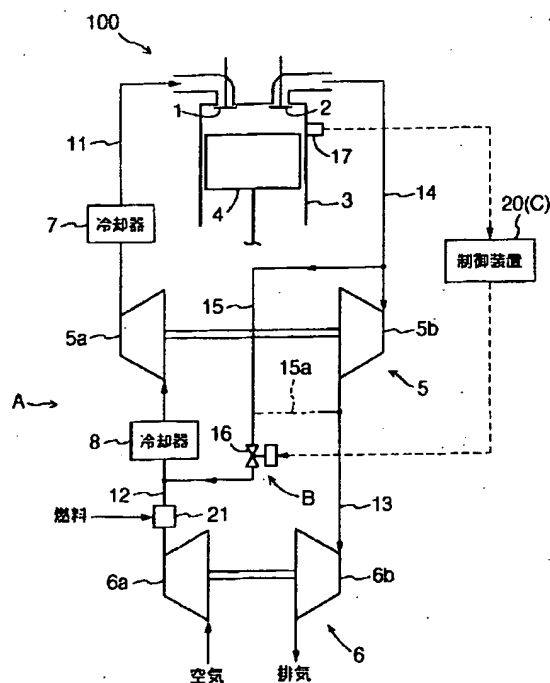
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ミラーサイクルエンジン

(57) 【要約】

【課題】 燃料と燃焼用酸素含有ガスとをシリンダ内に給気するとともに、給気弁を下死点よりも早く若しくは遅く閉じて圧縮比を膨張比よりも小さくするミラーサイクルエンジンにおいて、さらに燃焼効率を向上させ、燃費の改善を実現することを目的とする。

【解決手段】 給気系流路と排気系流路を備え、給気を圧縮して冷却する給気過給冷却手段Aを備え、給気過給冷却手段Aは、前段過給機6と後段過給機5を、給気系流路において前段過給機6を後段過給機5の上流側として直列に接続して備えるとともに、圧縮された給気を冷却する冷却器7、8を、給気系流路の前段過給機と後段過給機間の給気系中間流路と後段過給機とシリンダの間の給気系下流側流路にそれぞれ備えて構成され、排気系流路の後段過給機の上流側の流路の排気の一部を給気系中間流路へ還流するEGR手段Bを備えた



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃料と燃焼用酸素含有ガスとをシリンダ内に給気するとともに、給気弁を下死点よりも早く若しくは遅く閉じて圧縮比を膨張比よりも小さくするミラーサイクルエンジンであって、

給気をシリンダに供給する給気系流路と排気を外部へ排出する排気系流路を備え、

給気を圧縮して冷却する給気過給冷却手段を備え、

前記給気過給冷却手段は、前記排気系流路内を流通する排気のエネルギーを利用して前記給気系流路に流通する給気を圧縮する前段過給機と後段過給機を、前記給気系流路において前記前段過給機を前記後段過給機の上流側として直列に接続して備えるとともに、前記圧縮された給気を冷却する冷却器を、給気系流路の前記前段過給機と前記後段過給機との間の給気系中間流路と前記後段過給機と前記シリンダの間の給気系下流側流路にそれぞれ備えて構成され、

前記排気系流路の前記後段過給機の上流側の流路の排気の一部を前記給気系中間流路へ還流するEGR手段を備えたミラーサイクルエンジン。

【請求項2】 エンジンのノッキングを検出するノッキングセンサを備えるとともに、

前記EGR手段は前記給気系中間流路へ還流する排気の量を設定可能な構造とし、

前記ノッキングセンサの検出結果に基づいて、前記EGR手段を働かせ、前記給気系中間流路へ還流する排気の流量を調整する制御手段を備えた請求項1に記載のミラーサイクルエンジン。

【請求項3】 前記給気系中間流路に、前記燃料を供給する燃料供給手段を備え、前記前段過給機の吐出圧力を前記燃料供給手段の燃料供給圧力よりも低く設定する請求項1又は2に記載のミラーサイクルエンジン。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料と燃焼用酸素含有ガスとをシリンダ内に給気するとともに、給気弁を下死点よりも早く若しくは遅く閉じて圧縮比を膨張比よりも小さくするミラーサイクルエンジンの給気冷却技術に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】火花点火式エンジンの理論熱効率 $\eta$ は、圧縮比を $\epsilon$ 、比熱比を $\kappa$ としたとき、

##### 【数1】

$$\eta = 1 - (1 / \epsilon^{\kappa-1})$$

であるので、効率を上げるためには、圧縮比 $\epsilon$ を高く設定する必要があるが、圧縮比を高く設定すると、給気の過早発火によるノッキングを生じる恐れがあり、単純に圧縮比を高くすることはできない。この問題を解決するための手段として、排気再循環（EGR）ミラーサイク

ル方式が公知となっている。ミラーサイクルは、エンジンの圧縮比を膨張比よりも小さく維持することにより、ノッキングの発生を回避しつつ、高い燃焼効率を実現するために有効である大きな膨張比を実現しており、燃焼ガスを十分に膨張させて、燃焼エネルギーをより効果的にトルクとして活用できる。また、排気再循環（EGR）方式は、エンジンから排出された排気の一部を給気系へ還流し、給気の酸素濃度を下げることによって、給気の着火性を下げ、ノッキングを回避しつつ圧縮比を高く設定することが可能であり、この結果、燃費向上を実現できる。従って、ミラーサイクルに排気再循環（EGR）方式を組み合わせて採用することにより、ノッキングを抑えつつ高水準の燃費を実現することができる。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】このEGRミラーサイクルエンジンにおいて、燃焼効率を一層高めるためには、上記の理論熱効率の式からも明らかなように、エンジンの膨張比をさらに大きくする必要がある。このためには、ピストンのストローク量を大きくして膨張終了時のシリンダ内容積を大きくする方法と、ストローク量を変えずに圧縮終了時のシリンダ内容積を小さくする方法がある。しかし、前者の方法においては、シリンダ容積を大きくする必要があるため、単位出力あたりのエンジンの大きさが大きくなりコストが高くなるので、後者の方法を採用することが多い。しかし、この場合は、比較的小さなシリンダ内容積に高密度の給気を供給する必要があるため、過給機によって給気を高い圧縮比で加圧する必要があり、高い圧縮比で過給機を用いると、過給機の効率が低下し、逆にエンジンの燃費が低下するという問題があった。特に、排気圧力が小さいガスエンジンにおいて、EGRを行うにあたり、効率よく給気系に排気を還流するためには、図3に示すように、エンジンから排出されて加圧状態の排気の一部を過給機50のタービン50bを通さずに、タービン50bの上流側の流路140からEGR流路115を介して、給気系において低圧状態である過給機上流側の流路120へ還流するか、又は、タービン50bの下流側に絞りをつけて、その手前から流路120へ還流するかの方法を取らざるを得ない。しかし、これらの方法では、一旦圧縮したガスを燃焼後に再び過給機の上流側の流路120に返すこととなり、無駄な過給機仕事を行わすこととなり、間接的に効率を低下させる要因となっていた。さらには、給気系に還流される排気に含まれる水蒸気による燃焼効率の低下や、給気の昇温による過給機の体積効率の低下を防ぐために、EGR流路115に冷却器116を設け、給気系へ還流する排気を冷却して水蒸気を取り除く構造となっており、複雑な構造となっていた。よって、本発明は、このような事情を鑑みて、さらに燃焼効率を向上させ、燃費の改善を実現できるEGRミラーサイクルエンジンを提供することにある。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するための本発明における、燃料と燃焼用酸素含有ガスとをシリンダ内に給気するとともに、給気弁を下死点よりも早く若しくは遅く閉じて圧縮比を膨張比よりも小さくするミラーサイクルエンジンの特徴は、請求項1に記載されているように、給気をシリンダに供給する給気系流路と排気を外部へ排出する排気系流路を備え、給気を圧縮して冷却する給気過給冷却手段を備え、前記給気過給冷却手段は、前記排気系流路内に流通する排気のエネルギーを利用して前記給気系流路に流通する給気を圧縮する前段過給機と後段過給機を、前記給気系流路において前記前段過給機を前記後段過給機の上流側として直列に接続して備えるとともに、前記圧縮された給気を冷却する冷却器を、給気系流路の前記前段過給機と前記後段過給機との間の給気系中間流路と前記後段過給機と前記シリンダの間の給気系下流側流路にそれぞれ備えて構成され、前記排気系流路の前記後段過給機の上流側の流路の排気の一部を前記給気系中間流路へ還流するEGR手段を備えたことにある。ミラーサイクルエンジンにおいて、さらに燃費の改善を実現するために圧縮比を高く設定すると、給気の過早発火によるノッキングを発生しやすくなる。ノッキングの発生を抑制するためには、給気系流路へ排気の一部を還流して給気の酸素濃度を低下させ、給気の過早発火を抑制するEGR方式が考えられる。このEGR方式を効率よく行うために、本発明に係るミラーサイクルエンジンは、前記給気過給冷却手段と前記EGR手段を備えている。即ち、前記EGR手段によって、排気の一部は前段過給機の下流側の給気系中間流路へ還流する。給気系中間流路内の給気は前段過給機によってある程度圧縮されており、よって、排気のエネルギーが過給機の上流側へ逃げてしまうことがなく、排気を給気系流路へ還流しても、給気の圧縮効率を維持することができるのである。また、給気系中間流路へ還流した排気は必ず冷却器を介してシリンダに給気される構成となっており、EGR流路に還流される排気のみを冷却する冷却器を備える必要はない。更に、この構成によると、2つの過給機を備え、それぞれの過給機の下流側に冷却器をそれぞれ備えているので、それぞれの過給機の圧縮比を小さく設定して効率よく給気を圧縮できるので、過給機の圧縮効率を高く維持することができ、シリンダに給気される給気を一層圧縮し、エンジンの燃費を向上することができる。尚、給気系下流側流路の冷却器は、シリンダの圧縮効率を向上するものとして備えているが、後段過給機から排出された給気がある程度低温である場合は、冷却器を備えることなく、給気系下流側流路と給気の熱交換で給気を空冷することができる。

【0005】これらのミラーサイクルエンジンにおいて、エンジンに損傷を与えるノッキングを抑制し、エンジンの良好な動作状態を維持することが望まれる。ノッ

キングは、燃焼波がシリンダ内の端に到達する以前に、未燃焼部が自然着火することによって起こる。よって、ノッキングを抑制するためには未燃焼部の自然着火に到る時間を遅らせ、過早発火状態を正常な燃焼状態にする必要があり、請求項2に記載されているように構成することが好ましい。即ち、エンジンのノッキングを検出するノッキングセンサを備えるとともに、前記EGR手段は前記給気系中間流路へ還流する排気の量を設定可能な構造とし、前記ノッキングセンサの検出結果に基づいて、前記EGR手段を働かせ、前記給気系中間流路へ還流する排気の流量を調整する制御手段を備える。即ち、制御手段はノッキングの発生をノッキングセンサによって検出すると、EGR手段を働かせて、給気系流路へ還流する排気の量を増加させる。このことによって、給気内の酸素濃度が低下し、給気の過早発火を抑制することができ、結果、ノッキングを回避することができる。

【0006】また、燃料として都市ガスを使用する場合、都市ガスの供給圧力は $1\text{ kg/m}^2\text{G}$ 程度であるから、ミラーサイクルのように比較的高い過給圧力を必要とする場合、従来の一段過給では、過給機の吐出側で都市ガスを混合することは不可能な場合が多く、したがって、過給機吸込み側で混入せざるを得なくなる。この場合、せっかくの都市ガスの圧力を利用できなくなるのみならず、都市ガスの主成分のメタンの比熱が空気に比較して大きいことから過給機の性能を低下させてしまうことになる。しかし、本発明にあっては、請求項3に記載されているように、前記給気系中間流路に、前記燃料を供給する燃料供給手段を備え、前記前段過給機の吐出圧力を前記燃料供給手段の燃料供給圧力よりも低く設定することができる。この構成によって、前段過給機によって加圧された後の給気系中間流路に燃料を供給することにより、供給する燃料の圧力を利用することができ、前段過給機は空気のみを圧縮することになり、過給機の圧縮動力を少なくできるので、過給機器の効率を向上することができる。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】本願のミラーサイクルエンジン100の構造を図1に基づいて説明する。エンジン100は、給気弁1及び排気弁2を備えたシリンダ3と、このシリンダ3内に収納されるピストン4を備えている。給気を圧縮する後段過給機5及び前段過給機6は、それぞれ互いに連結されているプロア部5a、6aとタービン部5b、6bを備えており、プロア部5aの下流側の給気系下流側流路11と、プロア部6aとプロア部5aの間の給気系中間流路12にそれぞれ冷却器7及び冷却器8を備えている。更に、給気系中間流路12に燃料を供給する燃料供給手段21を備えており、プロア部6aによって圧縮された空気に燃料を供給し、その混合気を給気とする構成となっている。また、シリンダ3から排出した排気は排気系上流側流路14、タービン部5b、排

気系中間流路13及びタービン部6bを順に流通し、それぞれのタービンを回転させた後、外部へ排出される。この構成により、シリンダ3より排出される排気により燃料と空気の給気の混合気である給気を2段階に圧縮することが可能となっている。このように、排気のエネルギーを利用して給気を圧縮し、圧縮した後の給気を冷却する手段を給気過給冷却手段Aと呼ぶ。

【0008】この、給気過給冷却手段Aによる給気の圧縮状態を図2に示す圧力-体積線図にて説明する。図2からもわかるように、給気過給冷却手段Aは2つの後段過給機5及び前段過給機6により2段式の過給を行っており、それぞれの後段過給機5及び前段過給機6の下流側に冷却器7、8を設けている。即ち、前段過給機6によって、給気をaからb'に加圧し、冷却器8の冷却によって給気の体積をb'からc'に減少させ、その後、後段過給機5によってc'からd'に加圧し、冷却器7の冷却によって給気の体積をd'からeに減少させる。よって、この給気過給冷却手段Aの仕事量は $a b' c' d' e 0$ に示す面積となり、図3に示す従来の過給機及び冷却器をそれぞれ1つつつ備えた構成の場合の仕事量を示す $a b e 0$ の面積に対して、 $b' b d' c'$ の面積分小さくなり、本願の給気過給冷却手段Aの仕事量は従来と比べて小さく設定できる。更に、燃料をプロア部6aの下流側の燃料供給手段21で空気と混合させるので、プロア部6aは空気を圧縮するだけでよく、これによっても過給機の効率を向上することができる。

【0009】これまでが、本願のミラーサイクルエンジンの2段過給の構成であり、ミラーサイクルエンジンと同様に、給気弁1を下死点より遅く又は早く閉じることによりミラーサイクルを実現し、高圧縮された給気をシリンダ3に給気し高効率の動作状況を実現することができる。更に、図1に示す本発明に係るミラーサイクルエンジンは、排気系上流側流路14と給気系中間流路12における冷却器8の上流側を流通可能とするEGR流路15と、そのEGR流路15に流通する排気の量を調整するEGR量設定弁16を備えており、この構成によって、過給機の駆動源である排気圧のエネルギーが給気系のプロア部6aの上流側へ逃げてしまうことがなく、排気をEGR流路15によって給気系へ還流しても、給気の圧縮効率を維持することができるのである。このように、シリンダ3から排出される排気の一部を給気系へ還流するとともに、その還流する排気の量を設定することができ、このような手段をEGR手段Bと呼ぶ。この、EGR手段Bによって、給気系へ排気の一部を還流することができ、給気の酸素濃度を低下させ、給気の過早発火によるノッキングを抑制することができ、燃費を向上することができる。

【0010】また、本願のミラーサイクルエンジンは、ノッキングを検出するノッキングセンサ17をシリンダ3に備えており、このノッキングセンサ17の検出結果

に基づいて、EGR量設定弁16の開度を制御する制御装置20を備えている。即ち、制御装置20は、ノッキングが発生すると、EGR量設定弁16を働かせ、給気系へ還流する排気の量を増加させ、給気の酸素濃度を低下させることで給気の過早発火を防ぎノッキングを回避することができる。このように、ノッキングセンサ17の検出結果に基づいて、EGR量設定弁16を働かせ、ノッキングを回避する手段を制御手段Cと呼ぶ。

#### 【0011】【別実施の形態例】

(イ) 本願のミラーサイクルエンジンに使用できる燃料としては、都市ガス、ガソリン、プロパン、メタノール、水素等、任意の燃料を使用することができる。

(ロ) 給気を生成するにあたっては、燃料とこの燃料の燃焼のための酸素を含有するガスとを混合すればよいが、例えば、燃焼用酸素含有ガスとして空気を使用することが一般的である。しかしながら、このようなガスとしては、例えば、酸素成分含有量が空気に対して高い酸素富化ガス等を使用することが可能である。

(ハ) 上記の実施の形態例において、ノッキングの検出にあたっては、ノッキングセンサをシリンダに取り付けて行ったが、シリンダ内圧を検出し、クランク軸角と比較することで過早発火を検出し、その過早発火をノッキングとして検出することもできる。更に、シリンダにフォトセンサを備え、クランク軸角と比較することでも給気の過早発火を検出することができる。

(ニ) 上記の実施の形態例においては、排気系上流側流路14の排気の一部を給気系中間流路12へ還流するEGR流路15について説明したが、EGR流路15の代わりに、図1の2点鎖線に示すように、EGR流路15aを使用し、排気系中間流路13の排気の一部を給気系中間流路12へ還流することができ、更に、過給動力のロスを改善できる。この場合は、給気系中間流路12内の圧力を排気系中間流路13の圧力より若干小さくするように、それぞれの過給機5、6の圧縮比を設定することで可能となり、本発明に係るミラーサイクルエンジンを構成することができる。

#### 【0012】

【発明の効果】本発明に係るミラーサイクルエンジンにおいては、過給機の効率を維持しつつ給気を高圧縮することができ、エンジンの高効率化が実現できる。更に、過給機の駆動源である排気圧のエネルギーをロスすること無く、簡単な構造で排気を給気系に還流することができ、給気に還流する排気の量を制御することによってエンジンのノッキングを抑制することができ、エンジンの性能を維持し、燃費を向上することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るミラーサイクルエンジンのEGRシステムの構成を示す図

【図2】本発明に係るミラーサイクルエンジンの過給機における給気の圧力と体積の関係を示す図

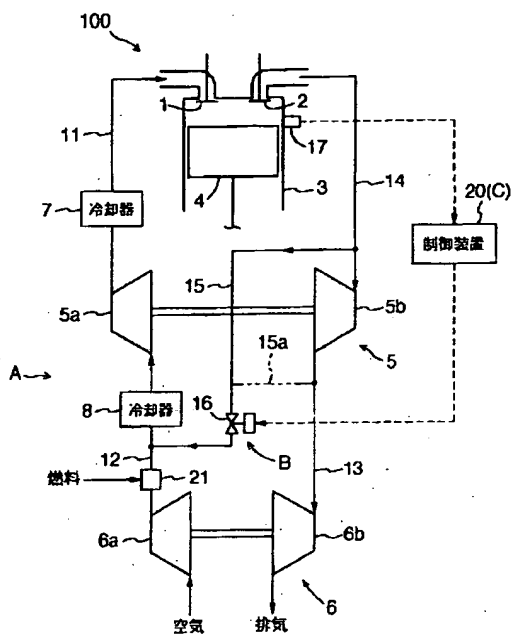
【図3】従来のミラーサイクルエンジンのEGRシステム  
の構成を示す図

【符号の説明】

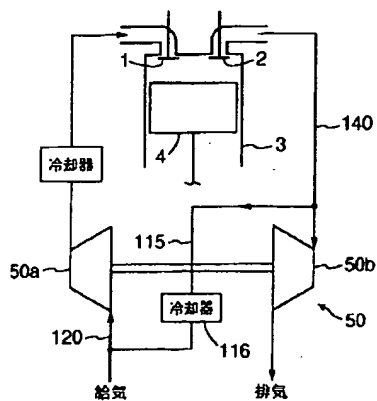
- 1 給気弁
- 2 排気弁
- 3 シリンダ
- 4 ピストン
- 5 前段過給機
- 6 後段過給機
- 7、8 冷却器
- 11 給気系下流側流路

- 12 給気系中間流路
- 13 排気系中間流路
- 14 排気系上流側流路
- 15 EGR流路
- 16 EGR量設定弁
- 17 ノッキングセンサ
- 20 制御装置
- 21 燃料供給手段
- A 給気過給冷却手段
- B EGR手段
- C 制御手段

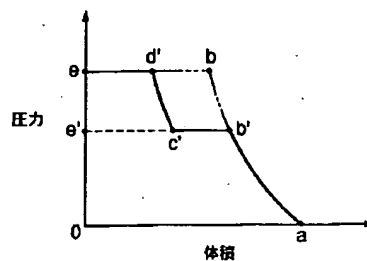
【図1】



【図3】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 M 25/07	5 5 0	F 0 2 M 25/07	5 7 0 Z
	5 7 0	F 0 2 B 37/00	3 0 1 B

(72)発明者 松村 章二郎  
 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号  
 大阪瓦斯株式会社内

(72)発明者 鶴崎 将弘  
 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号  
 大阪瓦斯株式会社内

Fターム(参考) 3G005 DA00 EA04 EA16 EA23 EA25  
 FA22 FA37  
 3G062 AA00 AA05 DA01 DA02 EA10  
 ED01 ED03 FA08 GA14 GA18  
 3G084 AA00 BA08 BA20 BA22 DA01  
 DA02 DA38 FA12 FA21 FA25  
 FA37 FA38  
 3G092 AA05 AA17 AA18 AB02 AB05  
 AB07 AB08 AB09 AB18 DB03  
 DB05 DC09 DD03 FA16 FA24  
 HA16X HC01Z HC05Z HD07X  
 HE03Z  
 3G301 HA00 HA11 HA13 JA02 JA22  
 MA01 ND01 NE01 NE06 PA16A  
 PC01Z PC08Z PD15A PE03Z